不同饲料加工工艺及维生素添加量对肉仔鸡生长性能和屠宰性能的影响

段海涛[1, 2]　李军国[1, 3]　葛春雨[1, 2]　李　俊[1, 3]　杨　洁[1, 3]　董颖超[1, 3]　秦玉昌[4*]

(1.中国农业科学院饲料研究所，北京 100081；2.农业部食物与营养发展研究所，北京 100081；3.农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081；4.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京 100081)

摘　要：本试验旨在研究不同饲料加工工艺及维生素添加量对肉仔鸡生长性能和屠宰性能的影响。试验选用 480 只 1 日龄体重接近的白羽爱拔益加肉仔鸡，随机分为 4 组，每组 8 个重复，每个重复 20 只鸡。对照组（A 组）饲粮采用普通饲料加工工艺，配方中添加正常剂量的复合维生素[前期（1~21 日龄）350 mg/kg、后期（22~42 日龄）250 mg/kg]；试验组饲粮采用高效调质低温制粒工艺，减少配方中复合维生素添加量（B 组：前期 280 mg/kg、后期 200 mg/kg；C 组：前期 224 mg/kg、后期 160 mg/kg；D 组：前期 180 mg/kg、后期 128 mg/kg）。试验期 42 d。结果表明：试验前期，A 组肉仔鸡饲料淀粉糊化度显著低于 B 组、C 组和 D 组（$P<0.05$）。试验后期，A 组肉仔鸡饲料颗粒耐久性指数显著低于 B 组、C 组和 D 组（$P<0.05$）。试验前期、后期和全期（1~42 日龄），各组肉仔鸡的末重、平均日增重、平均日采食量和料重比均差异不显著（$P>0.05$）。各组肉仔鸡的腿重/屠宰重、胸肉重/屠宰重、心脏重/屠宰重、肝脏重/屠宰重、脾脏重/屠宰重、肌胃重/屠宰重、腺胃重/屠宰重均差异不显著（$P>0.05$），各组十二指肠、空肠和回肠的长度及重量均差异不显著（$P>0.05$）。由此可见，肉仔鸡饲粮采用高效调质低温制粒工艺，颗粒饲料加工质量优于普通饲料加工工艺，且饲料配方中减少维生素添加量对肉仔鸡生长性能和屠宰性能与普通饲料加工工艺无显著差异，即该工艺可节约维生素使用量。

关键词：加工工艺；生长性能；屠宰性能
中图分类号：S831　　　　文献标识码：　　　　文章编号：

维生素是机体维持正常生理功能而必须从食物中获得的一类微量有机物质，在生长、代谢、发育过程中发挥着重要的作用。在饲料生产过程中，不同的加工方式将直接影响维生素的生物学活性，在普通畜禽饲料加工过程中，如调质温度过高，则引起维生素损失严重，达不到应有的功效[1-2]，目前往往采用过量添加的方式来弥补饲料加工过程中的损失，期望达到预期的效果，但却造成成本高、浪费大的难题。为了克服现有工艺中畜禽饲料生产工艺的不足，可以采用高效调质冷却后再低温制粒的畜禽饲料生产新工艺，该工艺先将不添加热敏性成分和饲料添加剂的混合饲料制成熟化粉状料，再进行低温制粒，将熟化饲料制成颗粒的同时最大程度保留热敏性物质的活性。

目前，针对饲粮中维生素添加量及不同配比形式对肉仔鸡生长性能的影响已经进行较多研究[3-4]，但试验过程中较少考虑到加工工艺对维生素含量的影响，且相关研究较少。因此本试验中对照组采用普通畜禽饲料加工工艺，配方中添加正常剂量复合维生素，试验组采用

收稿日期：2017-11-08
基金项目：北京市家禽产业创新团队项目（BAIC04-2018）；国家重点研发计划项目“畜禽重大疫病防控与高效安全养殖综合技术研发”
作者简介：段海涛（1989—），男，河南周口人，博士研究生，从事饲料加工与动物营养研究。E-mail：woshiduanhaitao@126.com
*通信作者：秦玉昌，研究员，博士生导师，E-mail： qinyuchang@caas.cn

高效调质低温制粒工艺，减少配方中复合维生素添加量，旨在通过试验组与对照组肉仔鸡生长性能和屠宰性能的对比分析，证明采用高效调质低温制粒工艺加工饲料可以减少复合维生素的添加量，而不影响肉仔鸡的生长性能和屠宰性能，达到节约维生素等热敏性饲料原料使用量的目的。

1. 材料与方法

1.1 试验设计及分组

试验选用 480 只初始体重为（48.00±0.05） g 的 1 日龄白羽爱拔益加肉仔鸡，按照性别比例一致随机分为 4 组，每组 8 个重复，每个重复 20 只鸡。试验期 42 d。维生素添加量及试验分组见表 1。A 组采用普通饲料加工工艺，调质时间约为 30 s，调质温度为 80 ℃，B 组、C 组及 D 组采用高效调质低温制粒工艺，调质时间约为 30 s，调质温度为 80 ℃，熟化粉状料冷却后添加预混料等热敏性饲料添加剂低温制粒，调质时间约为 30 s，低温调质温度为 60 ℃。

表 1　维生素添加量及试验分组

Table 1　Vitamin additive amount and test grouping

项目 Items	工艺类型 Technology type	维生素添加量 Vitamin additive amount/(mg/kg)	
		前期（1~21 日龄） Earlier stage （1 to 21 days of age）	后期（22~42 日龄） Later stage （22 to 42 days of age）
A 组 Group A	普通工艺	350	250
B 组 Group B	高效调质低温制粒工艺	280	200
C 组 Group C	高效调质低温制粒工艺	224	160
D 组 Group D	高效调质低温制粒工艺	180	128

试验在中国农业科学院南口养殖基地进行为期 42 d 的饲养试验。前期（1~21 日龄）饲喂破碎料，后期（22~42 日龄）饲喂 3.0 mm 的颗粒料。肉仔鸡饲粮维生素组成与水平见表 2。

表 2　肉仔鸡饲粮维生素组成与水平

Table 2　Vitamin composition and levels in diets of broilers

项目 Items	前期（1~21 日龄） Earlier stage （1 to 21 days of age）	后期（22~42 日龄） Later stage （22 to 42 days of age）
维生素 A Vitamin A/(IU/t)	40 000 000	40 000 000
维生素 D Vitamin D/(IU/t)	15 000 000	15 000 000
维生素 E Vitamin E/(IU/t)	80 000	110 000
维生素 K Vitamin K/(g/t)	7.5	10.0
维生素 B_1 Vitamin B_1/(g/t)	15	15
核黄素 Riboflavin/(g/t)	32	35
维生素 B_6 Vitamin B_6/(g/t)	15	20
维生素 B_{12} Vitamin B_{12}/(mg/t)	100	100
叶酸 Folic acid/(g/t)	5	6
生物素 Biotin/(mg/t)	500	600
尼克酸 Nicotinic acid/(g/t)	200	200
泛酸 Pantothenic acid/(g/t)	45	54

推荐添加量 Recommend additive amount/(g/t)	350	250

1.2 试验饲粮

饲粮配方参照 NRC(2012)肉鸡营养标准进行设计，基础饲粮组成及营养水平见表 3，

表 3 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 3 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	前期（1~21 日龄）Earlier stage（1 to 21 days of age）	后期（22~42 日龄）Later stage（22 to 42 days of age）
原料 Ingredients		
玉米 Corn	55.55	62.75
豆粕 Soybean meal	37.94	31.75
豆油 Soybean oil	2.23	1.82
石粉 Limestone	1.19	1.36
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.87	1.30
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-lysine•HCl	0.05	0.05
DL-蛋氨酸 *DL*-methionine	0.17	0.07
食盐 NaCl	0.35	0.35
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.35	0.25
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.22	12.39
粗蛋白质 CP	22.60	20.30
钙 Ca	0.94	0.86
总磷 TP	0.68	0.57
有效磷 AP	0.43	0.34
赖氨酸 Lys	1.24	1.08
蛋氨酸 Met	0.48	0.36
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.82	0.68

[1)] 维生素预混料组成及含量见表 2。Vitamin premix composition and content were in Table 2.

[2)] 矿物质预混料为每千克饲粮提供 The mineral premix provided the following per kg of diets: 1~21 日龄 1 to 21 days of age，Fe (as ferrous sulfate) 100 mg，Cu (as copper sulfate) 8.0 mg，Zn (as zinc sulfate) 100 mg，Mn (as manganese sulfate) 120 mg，I (as potassium iodide) 0.7 mg，Se (as sodium selenium) 0.3 mg；22~42 日龄 22 to 42 days of age，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Cu (as copper sulfate) 8.0 mg，Zn (as zinc sulfate) 80 mg，Mn (as manganese sulfate) 100 mg，I (as potassium iodide) 0.7 mg，Se (as sodium selenium) 0.3 mg。

[2)] 粗蛋白质为实测值，其他为计算值。CP was a measured value, while the others were calculated values.

1.3 样品采集

对照组在制粒工段调质前和制粒机出料口各取样 3 次，试验组在大料混合料调质后，低温制粒调质前和制粒机出料口各取样 3 次，湿热粉料、颗粒料摊开变凉后采用“四分法”逐渐缩减至 2 kg，装入自封袋中于 4 ℃冰箱保存待测。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 淀粉糊化度

样品的糊化度采用由美国大豆协会熊易强[5]根据美国饲料工业界普遍采用的测定淀粉糊化度的简易酶法检测。

1.4.2　颗粒硬度

颗粒硬度参照顾君华[6]的测定方法检测。

1.4.3　颗粒耐久性指数（PDI）

PDI 参照 Thomas 等[7]的方法测定，具体为：取 500 g 筛分后的颗粒饲料装入回转箱内，以 50 r/min 回转 10 min，停止后取出样品，称取颗粒饲料重量（m_1）。

PDI=m_1×100/500。

1.4.4 生长性能指标

分别于第 21 天与第 42 天结束前 1 天晚上开始控料，饮水自由，使试验鸡空腹 24 h，于第 21 天与第 42 天末早上逐只称重，以重复为单位计算各组试验鸡的平均体重。准确记录每天耗料量，出现死鸡时截料称重，计算各阶段总耗料量。

平均日采食量(ADFI)=总耗料量/(只数×天数)；

平均日增重(ADG) =总增重/(只数×天数)；

料重比(F/G)=总耗料量/总增重。

1.4.5 屠宰性能指标

肉鸡屠宰性能指标的测定方法参照农业行业标准 NY/T 823—2004《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》。

1.5　数据处理

试验数据以平均值±标准差形式表示。所有数据用软件 SAS 9.2 进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和复因子试验统计分析，用 Duncan 氏法多重比较检验差异的显著性，显著性水平为 P＜0.05。

2　结　果

2.1　饲料加工工艺类型对颗粒饲料加工质量的影响

饲料加工工艺类型对颗粒饲料加工质量的影响见表 4。试验前期，B 组肉仔鸡饲料颗粒耐久性指数显著高于 A 组和 D 组（P＜0.05），与 C 组差异不显著（P＞0.05）；A 组肉仔鸡饲料淀粉糊化度显著低于 B 组、C 组和 D 组（P＜0.05）。试验后期，A 组肉仔鸡饲料颗粒耐久性指数显著低于 B 组、C 组和 D 组（P＜0.05）；C 组肉仔鸡饲料淀粉糊化度显著高于 B 组、C 组和 D 组（P＜0.05），但 A 组肉仔鸡饲料淀粉糊化度略低于 B 组和 D 组（P＞0.05）；4 组间肉仔鸡饲料颗粒硬度差异不显著（P＞0.05）。

表 4　饲料加工工艺类型对颗粒饲料加工质量的影响

Table 4　Effects of feed processing technology type on pellet feed processing quality

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	D 组 Group D
前期 Earlier stage				
颗粒耐久性指数 PDI/%	98.36±0.04^{a}	98.69±0.06^{b}	98.71±0.14^{b}	98.48±0.07^{a}
淀粉糊化度 Starch gelatinization degree/%	28.55±1.38^{a}	39.63±3.23^{b}	38.77±1.64^{b}	36.22±5.28^{b}
后期 Later stage				
颗粒耐久性指数 PDI/%	92.70±0.04^{a}	96.73±0.05^{c}	96.53±0.06^{b}	96.42±0.10^{b}
颗粒硬度 Pellet hardness/g	1 449.19±215.44	1 639.21±166.50	1 471.19±119.42	1 626.77±72.25
淀粉糊化度 Starch gelatinization degree/%	27.39±4.71^{a}	35.41±3.78^{a}	46.94±1.96^{b}	35.11±5.40^{a}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 饲料加工工艺类型及维生素添加量对肉仔鸡生长性能的影响

饲料加工工艺类型及维生素添加量对肉仔鸡生长性能的影响见表 5。试验前期，各组肉仔鸡末重、平均日增重、平均日采食量及料重比均差异不显著（P>0.05），D 组料重比较 A 组仅升高 3.8%。试验后期，各组肉仔鸡末重、平均日增重、平均日采食量及料重比均差异不显著（P>0.05），D 组料重比较 A 组仅升高 0.5%。试验全期（1~42 日龄），各组肉仔鸡平均日增重、平均日采食量及料重比均差异不显著（P>0.05）。

表 5　饲料加工工艺类型及维生素含量对肉仔鸡生长性能的影响

Table 5　Effects of feed processing technology type and vitamin additive amount on growth performance of broilers

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	D 组 Group D
前期 Earlier stage				
末重 Final body weight/kg	0.87±0.04	0.85±0.04	0.84±0.04	0.85±0.03
平均日增重 ADG/(g/d)	39.17±1.75	38.38±1.93	37.75±1.69	38.12±1.31
平均日采食量 ADFI/(g/d)	51.39±4.26	52.18±3.53	51.94±3.66	51.79±5.27
料重比 F/G	1.31±0.10	1.36±0.04	1.38±0.06	1.36±0.10
后期 Later stage				
初重 Initial body weight/kg	0.87±0.04	0.85±0.04	0.84±0.04	0.85±0.03
末重 Final body weight/kg	2.69±0.13	2.60±0.19	2.68±0.14	2.71±0.10
平均日增重 ADG/(g/d)	86.56±5.61	83.14±7.30	87.64±5.97	88.47±4.63
平均日采食量 ADFI/(g/d)	149.58±14.16	148.44±9.65	157.73±6.28	153.91±6.01
料重比 F/G	1.73±0.20	1.79±0.10	1.80±0.08	1.74±0.07
全期 Whole stage				
平均日增重 ADG/(g/d)	62.86±3.06	60.76±4.48	62.70±3.45	63.29±2.30
平均日采食量 ADFI/(g/d)	100.48±7.03	100.31±5.61	104.84±3.17	102.85±2.54
料重比 F/G	1.60±0.12	1.65±0.06	1.67±0.05	1.63±0.05

2.3 饲料加工工艺类型及维生素添加量对肉仔鸡屠宰指标的影响

饲料加工工艺类型及维生素添加量对肉仔鸡屠宰性能的影响见表 6。各组肉仔鸡活重、屠宰重、腿重/屠宰重、胸肉重/屠宰重、心脏重/屠宰重、肝脏重/屠宰重、脾脏重/屠宰重、肌胃重/屠宰重、腺胃重/屠宰重均差异不显著（P>0.05），各组十二指肠、空肠和回肠的长度及重量均差异不显著（P>0.05）。

表 6　饲料加工工艺类型及维生素含量对肉仔鸡屠宰性能的影响

Table 6　Effects of feed processing technology type and vitamin additive amount on slaughter performance of broilers

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	D组 Group D
活重 Live weight/kg	3.05±0.14	2.71±0.04	2.63±0.24	2.70±0.53
屠宰重 Slaughter weight/kg	2.80±0.11	2.42±0.04	2.43±0.22	2.49±0.49
腿重/屠宰重 Leg weight/slaughter weight/%	22.03±3.51	21.49±1.42	22.28±3.14	21.73±1.61
胸肉重/屠宰重 Breast meat weight/slaughter weight/%	72.88±6.30	64.98±2.10	65.26±5.9	68.40±17.39

心脏重/屠宰重 Heart weight/slaughter weight/%	0.67±0.19	0.51±0.03	0.45±0.09	0.48±0.18
肝脏重/屠宰重 Liver weight/slaughter weight/%	2.66±0.22	2.42±0.33	2.47±0.49	2.66±0.64
脾脏重/屠宰重 Spleen weight/slaughter weight/%	0.19±0.09	0.18±0.06	0.12±0.06	0.14±0.02
肌胃重/屠宰重 Muscular stomach weight/slaughter weight/%	0.77±0.07	0.79±0.27	0.62±0.05	0.59±0.15
腺胃重/屠宰重 Glandular stomach weight/slaughter weight/%	0.52±0.18	0.55±0.09	0.41±0.14	0.34±0.08
十二指肠重量 Duodenum weight/g	31.50±1.29	33.25±4.43	30.38±3.73	30.75±2.50
空肠重量 Jejunum weight/g	83.00±6.16	77.75±10.28	74.25±7.76	75.50±11.09
回肠重量 Ileum weight/g	85.25±5.74	80.00±13.37	77.00±5.77	82.75±17.00
十二指肠长度 Duodenum length/cm	17.28±3.59	17.08±6.19	14.54±2.65	15.80±5.26
空肠长度 Jejunum length/cm	33.44±6.77	28.45±7.12	23.06±3.61	24.96±5.27
回肠长度 Ileum length/cm	26.28±4.09	26.47±11.65	23.56±7.76	22.94±5.41

3 讨 论

3.1 饲料加工工艺类型对颗粒饲料加工质量的影响

合理的配方，优质的饲料原料，只有在性能可靠的加工设备和科学的工艺流程下才能生产出优质的饲料，一旦配方确定，加工工艺是影响颗粒饲料加工质量的重要因素。目前，畜禽饲料加工工艺主要采用普通加工工艺、大料膨胀（膨化）低温制粒工艺、二次制粒工艺及清洁粉状饲料生产工艺，其中大料膨胀（膨化）低温制粒工艺及二次制粒工艺常应用于乳猪饲料生产工艺中。孙杰[8]系统地对比分析了断奶仔猪饲料加工工艺对颗粒饲料加工质量及猪生长性能的影响，发现加工工艺的不同对颗粒饲料加工质量及断奶仔猪生长性能具有显著影响。清洁粉状饲料生产工艺常应用于蛋鸡饲料生产过程中，杨德川等[9]介绍在畜禽饲料生产加工上，清洁粉状饲料生产工艺逐渐得到推广使用，采用该工艺可生产优质产品。本试验 A 组采用普通饲料加工工艺生产，B 组、C 组和 D 组采用高效调质低温制粒工艺，结果发现肉仔鸡前期饲料颗粒耐久性指数 B 组显著高于 A 组和 D 组，但与 C 组差异不显著，然而，4 组间差异并未超过 1%，可能是因为前期 4 组间淀粉糊化度差异不显著所致，糊化淀粉在颗粒成形过程中，主要起黏接剂作用，淀粉糊化程度越高，颗粒耐久性指数越大。肉仔鸡后期饲料 C 组淀粉糊化度显著高于其余 3 组，可能是因为 C 组蒸汽添加量较多所致，蒸汽添加量的波动直接影响淀粉糊化度的高低。

3.2 饲料加工工艺类型及维生素添加量对肉仔鸡生长性能的影响

维生素是机体为维持正常的生理功能而必须从食物中获得的一类微量有机物质，在生长、代谢、发育过程中发挥着重要的作用。由于单胃动物体内一般不能合成维生素，在生产过程中需要从饲料中摄取，饲料加工一方面可以提高原料利用率，另一方面将对维生素造成较大程度地破坏。Lewis 等[10]研究了调质温度及调质时间对维生素的保留率的影响，结果发现调质温度对维生素的保留率呈显著性，88 ℃维生素保留率显著低于 77 ℃。不仅调质温度、调质时间对维生素保留率具有影响，加工工艺同样具有影响。严芳芳[11]系统研究了不同加工工艺及加工工段对鱼类饲料维生素保留率的影响，结果发现制粒工艺中维生素 C 晶体损失率达 71%，其中调质工段维生素损失率最高。考虑到维生素预混料在加工过程中的损失，石永峰[12]报道了饲料中各种维生素产品添加量的保险系数，烟酸等维生素保险系数最低为

1~3。同时，研究表明添加维生素可以促进肉仔鸡生长性能[13-15]。本试验中，A 组维生素添加量保险系数为 2.5 倍，保险系数最低组 D 组为 1.28，肉仔鸡前后期生长性能无显著差异，可能是因为各组成品饲粮中维生素含量无显著差异，A 组维生素损失率较高，B 组、C 组和 D 组维生素损失率较低，导致最终成品中组间各维生素含量无显著差异。试验各组成品配方中维生素均有检测，然而配合饲料中维生素添加量过低，均未检出。所以，由试验结果中各指标差异不显著，只能推断高效调质低温制粒工艺组可以节约维生素原料使用量。试验组前后期料重比均比对照组略高，然而，幅度仅约为 0.02，试验过程中肉仔鸡生长健康状况均可能对最终生长性能产生影响，同时，数据在统计分析中并没有显著差异，因此，可以说减少维生素添加量，各组间生长性能无显著差异。

3.3 饲料加工工艺类型及维生素添加量对肉仔鸡屠宰性能的影响

维生素是动物所必须的营养素，具有提高动物生长性能和免疫功能、改善肉品质的功能和作用[16]。谢红兵等[14]发现，维生素 C 与维生素 E 及其交互作用有利于提高肉仔鸡生长性能，此外，研究发现饲料中添加维生素可提高肉仔鸡生长性能、抗氧化功能，改善肉品质及降低死亡率，并促进磷在骨骼中的代谢利用率等[17]。然而，本试验发现 4 组间屠宰重、腿重/屠宰重、胸肉重/屠宰重、心脏重/屠宰重、肝脏重/屠宰重、脾脏重/屠宰重、肌胃重/屠宰重、腺胃重/屠宰重及十二指肠、空肠和回肠的长度和重量均差异不显著，可能是因为加工过程中损失导致 4 组间添加量无显著差异，这与张敏等[18]研究饲粮中维生素 E 的添加水平对肉仔鸡屠宰性能的影响结果一致，张敏等[18]发现提高维生素 E 添加量可提高屠宰性能，改善血脂代谢，然而各组间差异不显著。同时，雷建平等[19]研究了维生素 D_3 对黄羽肉鸡屠宰性能的影响，发现维生素 D_3 添加量的增加可改善内脏器官和肉品质，但各组间差异不显著，因此，在考虑维生素等热敏性饲料原料对动物生长性能的影响过程中，除考虑到添加量、原料类型外，仍要考虑到饲料加工过程中对热敏性饲料原料保留率的影响。

4 结　论

①肉仔鸡饲粮采用高效调质低温制粒工艺可节约维生素使用量，且肉仔鸡生长性能和屠宰性能与普通饲料加工工艺无显著差异。

②采用高效调质低温制粒工艺生产的肉仔鸡前、后期饲粮，颗粒饲料 PDI 均高于 96%，淀粉糊化度略高于普通饲料加工工艺。

参考文献：

[1] 曹康,郝波.中国现代饲料工程学[M].上海科学技术文献出版社,2014:1486.

[2] 张现玲.调质温度、粉碎粒度对肉鸡颗粒饲料质量及利用率的影响研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[3] 高树新,王国赋,庞瑞雪.添加维生素E、维生素C对鸡抗热应激力的影响[J].内蒙古民族大学学报（自然科学版）,2002,17(4):313–317.

[4] 李新花.维生素A、E、C对肉仔鸡生产性能、肉品质及血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2006.

[5] 熊易强.饲料淀粉糊化度(熟化度)的测定[J].饲料工业,2000,21(3):30–31.

[6] 顾君华.饲料检验化验员[M].北京:中国农业出版社,2010:488.

[7] THOMAS M,VAN DER POEL A F B.Physical quality of pelleted animal feed 1.Criteria for pellet quality[J].Animal Feed Science and Technology,1996,61(1/2/3/4):89–112.

[8] 孙杰.断奶仔猪颗粒料加工工艺比较研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.

[9] 杨德川,韩俊巍,孟展鹏.清洁粉状饲料生产工艺及关键设备[J].饲料工业,2011,32(7):4–7.

[10] LEWIS L L,STARK C R,FAHRENHOLZ A C,et al.Evaluation of conditioning time and temperature on gelatinized starch and vitamin retention in a pelleted swine diet[J].Journal of Animal Science,2015,93(2):615–619.

[11] 严芳芳.不同加工工艺对鱼饲料维生素保留率的影响[D].硕士学位论文.青岛:中国海洋大学,2013.

[12] 石永峰.饲料调质对维生素稳定性的影响[J].国外畜牧学(猪与禽),2007,27(4):73–74,77.

[13] 郝晓洁.日粮维生素A水平对肉仔鸡生长、免疫和抗氧化指标及维生素A组织沉积的影响[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2011.

[14] 谢红兵,常新耀,王永强,等.维生素C、E及其交互作用对肉仔鸡生长性能及鸡肉品质的影响[J].中国饲料,2011(1):13–17.

[15] 陈娟.钙和维生素D对肉仔鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2011.

[16] 张变英,贺东昌,王芳,等.日粮添加维生素D_3对肉鸡生产性能、屠宰性能、免疫功能和肌肉品质的影响[J].浙江农业学报,2015,27(8):1350–1354.

[17] 温倩,吕林,张丽阳,等.饲粮添加不同水平维生素D_3对肉仔鸡生长性能和骨磷代谢利用的影响[J].动物营养学报,2017,29(9):3099–3108.

[18] 张敏,黄藏宇,孙艳发,等.日粮维生素E水平对肉鸡屠宰性能和血脂代谢的影响[J].湖北农业科学,2016,55(8):2049–2052.

[19] 雷建平,郑玲玲,叶慧,等.1α-OH-D_3替代维生素D_3对42~63日龄黄羽肉鸡屠宰性能、器官指数和肉品质的影响[J].饲料工业,2013,34(22):24–28.

Effects of Different Feed Processing Technology Type and Vitamin Additive Amount on Growth Performance and Slaughter Performance of Broilers

DUAN Haitao[1, 2] LI Junguo[1, 3] GE Chunyu[1, 2] LI Jun[1, 3] YANG Jie[1, 3] DONG Yingchao[1, 3] QIN Yuchang[4*]

(1. *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*; 2. *Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China;* 3. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China*; 4. *Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: This experiment was to study the effects of different feed processing technology type and vitamin additive amount on growth performance and slaughter performance of broilers. A total of 480 one-day-old broilers with similar body weight were randomly divided into 4 groups with 8 replicates per group and 20 broilers per replicate. The diet of control group (group A) was processed by ordinary feed processing technology, added the normal dose of compound vitamins [earlier stage (1 to 21 days of age) 350 mg/kg, later stage 250 mg/kg (22 to 42 days of age)]; the diets of experimental groups were processed by high effective conditioning and low temperature pelleting technology, which reduced the addition of vitamin in the diets (group B: earlier stage 280 mg/kg, later stage 200 mg/kg; group C: earlier stage 224 mg/kg, later stage 160 mg/kg; group D: earlier stage 180 mg/kg, later stage 128 mg/kg). The experiment lasted for 42 days. The results showed that the starch gelatinization of feed of group A in earlier stage was significantly lower than that of groups B, C and D ($P < 0.05$). In the later stage, the pellet durability index of group A was significantly lower than that of groups B, C and D ($P < 0.05$). There was no significant differences on the final body weight, average daily gain, average daily feed intake and ratio of feed to gain of broilers in earlier stage, later stage and whole stage (1 to 42 days of age) among all groups ($P > 0.05$). There were no significant differences on the leg weight/slaughter weight, breast meat weight/slaughter weigh, heart weight/slaughter weight, liver weight/slaughter weight, spleen weight/slaughter weight, muscular stomach weight/slaughter weight and glandular stomach weight/slaughter weight among all groups ($P > 0.05$), there were no significant differences on the length and weight of duodenum, jejunum and ileum among all groups ($P > 0.05$). In conclusion, the diets of broilers are processed by high efficiency conditioning and low temperature pelleting technology, the quality of pellet feed is better than ordinary feed processing technology, and reduce the vitamin additive amount have no significant different on growth performance and slaughter performance of broilers compared with ordinary feed processing technology, the high effective conditioning and low temperature pelleting technology can save the use of vitamin.

Key words: feed processing; growth performance; slaughter performance

*Corresponding author, professor, E-mail: qinyuchang@caas.cn （责任编辑　武海龙）